

Тема 2. Электротехника

2.3. Аппаратура управления и защиты

Аппаратура управления предназначена для включения и отключения электрических цепей, пуска, остановки, торможения и реверсирования (изменения направления вращения) электродвигателей. **Аппаратура защиты** осуществляет защиту электроустановок от чрезмерных тепловых действий тока, возникающих при коротких замыканиях и перегрузках, от недопустимого снижения напряжения в сети и других ненормальных явлений.

Номенклатура аппаратов управления и защиты велика. Так, к аппаратам управления относятся:

- Рубильники и переключатели,
- Пакетные выключатели,
- Реостаты,
- Контроллеры и ящики сопротивлений,
- Автоматические выключатели (автоматы),
- Контактторы,
- Магнитные пускатели и кнопки управления,
- Командоаппараты,
- Путевые и конечные выключатели,
- Реле управления (автоматики) и ряд других аппаратов.

К аппаратам защиты относятся:

- Плавкие предохранители,
- Электромагнитные и тепловые реле защиты.

Кроме того, функции защиты выполняют и некоторые из перечисленных выше аппаратов управления: автоматические выключатели, магнитные пускатели и др. Промышленность выпускает различные типы указанных аппаратов, работающих в разных условиях. В данной книге рассмотрены только основные из них, предназначенные для напряжения до 1000 В и применяемые в условиях строительных организаций.

Аппараты управления и защиты во многих случаях используются не в виде отдельных единиц, а комплексно в комплектных устройствах заводского изготовления. Промышленность серийно выпускает большое количество типов комплексных устройств, предназначенных для управления электроприводами — силовых распределительных пунктов и станций управления (ранее называвшихся магнитными станциями). Такие устройства поставляются в виде готовых панелей (или блоков, шкафов) с полностью смонтированными на них аппаратами, приборами и электропроводкой.

По своему назначению аппараты управления предназначаются для ручного управления электродвигателями и для управления на расстоянии (дистанционного), полуавтоматического и автоматического.

Виды и устройства предохранителей

Электрический предохранитель является частью рабочей цепи, врезается в рассечку питающего провода, должен надежно выдерживать рабочую нагрузку и защищать схему от появления сверхнормативных токов. Эта функция заложена в основу его классификации по номинальному току.

По применяемому принципу действия и способу разрыва схемы все предохранители подразделяют на 4 группы:

1. С плавкой вставкой;
2. Электромеханической конструкции;
3. На основе электронных компонентов;
4. Самовосстанавливающиеся модели с нелинейными обратимыми свойствами после действия сверхтоков.

Плавкая вставка

Предохранители этой конструкции имеют в своем составе токопроводящий элемент, который под действием тока с величиной, превышающей номинальное установленное значение, расплавляется от перегрева и испаряется. Этим обеспечивается снятие напряжения со схемы и защита ее.

Плавкие вставки могут быть изготовлены из металлов, например, меди, свинца, железа, цинка или отдельных сплавов, обладающих таким коэффициентом термического расширения, который обеспечивает защитные свойства электрооборудования.

Характеристики нагрева и охлаждения проводников для электрооборудования при установившемся рабочем режиме приведены на рисунке.

Работа плавкой вставки под расчетной нагрузкой обеспечивается созданием надежного баланса температур между теплом, выделяемым на металле от прохождения по нему рабочего электрического тока, и отводом тепла в окружающую среду за счет рассеивания. При возникновении аварийных режимов это равновесие быстро нарушается.

Металлическая часть плавкой вставки при нагреве увеличивает значение своего активного сопротивления. Это вызывает больший разогрев, поскольку выделяемое тепло прямо пропорционально величине I^2R . При этом снова возрастает сопротивление и выделение тепла. Процесс продолжается лавинообразно до тех пор, пока не наступает расплавление, закипание и механическое разрушение плавкой вставки.

При разрыве цепи внутри плавкой вставки возникает электрическая дуга. Через нее до момента полного погасания проходит опасный для установки ток, который меняется по характеристике, показанной на рисунке ниже.

Основным эксплуатационным параметром плавкой вставки является его **времятоковая характеристика**, определяющая зависимость кратности аварийного тока (относительно номинального значения) ко времени срабатывания.

Для ускорения работы плавкой вставки при малых кратностях аварийных токов используются специальные технические приемы:

- Создание форм переменного сечения с зонами уменьшенной площади;
- Применением металлургического эффекта.

Предохранители электромеханической конструкции

Принцип врезания защитного устройства в питающий провод и обеспечение его разрыва с целью снятия напряжения позволяет отнести созданные для этого электромеханические изделия к предохранителям. Однако, большинство электриков выделяет их в отдельный класс и называет автоматическими выключателями или сокращенно автоматами.

При их работе специальный датчик постоянно контролирует величину проходящего тока. После достижения критического значения подается управляющий сигнал на исполнительный механизм – взведенную пружину от теплового или магнитного расцепителя.

Предохранители на электронных компонентах

У этих конструкций функцией защиты электрической схемы занимаются бесконтактные электронные ключи на основе силовых полупроводниковых приборов из диодов, транзисторов или тиристоров.

Их называют **электронными предохранителями (ЭП)** или модулями контроля и коммутации тока (МККТ). Схема управления такого предохранителя снимает измеряемый сигнал о величине тока с резистивного шунта. Он модифицируется и подается на вход изолированного полупроводникового затвора полевого транзистора типа MOSFET.

Когда ток через предохранитель начинает превышать допустимое значение, то затвор запирается, а нагрузка отключается. При этом предохранитель переводится на режим самоблокировки.

Если в схеме электрооборудования используется много МККТ, то возникают трудности с определением сработавшего предохранителя. Для облегчения его поиска введена функция подачи сигнала «Авария», который может фиксироваться загоранием светодиода или срабатыванием твердотельного либо электромеханического реле.

Такие электронные предохранители отличаются быстродействием, их время срабатывания не превышает 30 миллисекунд.

Рассмотренная выше схема считается простой, она может быть значительно расширена новыми дополнительными функциями:

- Непрерывного контроля тока в цепи нагрузки с формированием команд на отключение при превышениях тока более 30% номинальной величины;
- Отключения защищаемого участка в случаях возникновения коротких замыканий или перегрузок с выдачей сигнала при увеличении тока в нагрузке выше 10% от установленной уставки;
- Защит силового элемента транзистора при возникновении температур более 100 градусов.

У таких схем используемые модули МККТ по времени срабатывания делятся на 4 группы. Самые быстродействующие устройства относят к классу «0». Они отключают превышающие установку токи на 50% за время до 5 мс, на 300% — за 1,5 мс, на 400% — за 10мкс.

Самовосстанавливающиеся предохранители

Эти защитные устройства отличаются от плавких вставок тем, что после отключения аварийной нагрузки они сохраняют свою работоспособность для дальнейшего многократного использования. Поэтому их назвали самовосстанавливающимися.

За основу конструкции взяты полимерные материалы, обладающие положительным температурным коэффициентом для электрического сопротивления. Они обладают кристаллической структурой решетки при обычных, нормальных условиях и резко переходят в аморфное состояние при нагреве.

Характеристика срабатывания такого предохранителя обычно приводится в форме логарифма сопротивления в зависимости от температуры материала.

Когда полимер имеет кристаллическую решетку, то он хорошо, как металл, пропускает электрический ток. В аморфном состоянии проводимость значительно ухудшается, чем обеспечивается отключение нагрузки при возникновении ненормального режима.

Такие предохранители используются в защитных устройствах для ликвидации возникающих многократных перегрузок там, где замена плавкой вставки или ручные действия оператора затруднительны. Это сфера автоматических электронных устройств,

широко используемых в компьютерных технологиях, мобильных гаджетах, измерительной и медицинской технике, транспортных средствах.

На надежную работу самовосстанавливающихся предохранителей оказывает влияние температура окружающей среды и величина протекающего сквозь него тока. Для их учета введены технические термины:

- Ток пропускания, определяемый как максимальное значение при температуре +23 градуса Цельсия, которое не приводит к срабатыванию устройства;
- Ток срабатывания, как минимальная величина, которая при той же температуре приводит к переходу полимера в аморфное состояние;
- Максимальное значение приложенного рабочего напряжения;
- Время срабатывания, измеряемое от момента возникновения аварийного тока до отключения нагрузки;
- Мощность рассеивания, определяющая способность предохранителя при +23 градусах передавать тепло в окружающую среду;
- Первоначальное сопротивление до подключения в работу;
- Сопротивление, достигаемое через 1 час после окончания срабатывания.

Самовосстанавливающиеся предохранители обладают:

- Небольшими габаритами;
- Быстрым срабатыванием;
- Стабильной работой;
- Комбинированной защитой устройств от превышений токов и перегрева;
- Отсутствием необходимости в обслуживании.

Разновидности конструкций предохранителей

В зависимости от задач предохранители создают для работы в цепях:

- Промышленных установок;
- Бытовых электроприборов общего назначения.

Поскольку они работают в цепях разного напряжения, то корпуса изготавливают с отличительными диэлектрическими свойствами. По этому принципу предохранители подразделяют на конструкции, работающие:

- С низковольтными устройствами;
- В цепях до 1000 вольт включительно;
- В схемах высоковольтного промышленного оборудования.

К специальным конструкциям относят предохранители:

- Взрывные;
- Пробивные;
- С погашением дуги при размыкании цепи в узких каналах мелкозернистых наполнителей или образования автогазового либо жидкостного дутья;
- Для транспортных средств.

Ограничиваемый предохранителями аварийный ток может составлять от долей ампера до килоампера.

Иногда электрики вместо плавкой вставки в корпус устанавливают калиброванную проволоку. Этот способ не рекомендуется применять потому, что даже при точном подборе поперечного сечения электрическое сопротивление проволоки может отличаться от рекомендованного из-за свойств самого металла или сплава. Такой предохранитель не будет точно работать.